

УДК 330.4:519.25

## НЕЙРОСЕТЕВОЙ ПОДХОД К МОДЕЛИРОВАНИЮ ПОВЕДЕНИЯ: АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ЭКСПЕРИМЕНТА «ОБЩЕСТВЕННОЕ БЛАГО»

Т. В. Меркулова

Д-р экон. наук, профессор,  
заведующая кафедрой экономической кибернетики  
и прикладной экономики

Харьковский национальный университет им. В. Н. Каразина  
площадь Свободы, 4, г. Харьков, 61022, Украина  
*tammerkulova@gmail.com*

Е. Ю. Кононова

Канд. экон. наук, доцент,  
доцент кафедры экономической кибернетики и прикладной экономики

Харьковский национальный университет им. В. Н. Каразина  
площадь Свободы, 4, г. Харьков, 61022, Украина  
*kateryna.kononova@gmail.com*

---

Целью исследования является нейросетевое моделирование типов поведения людей на основе данных лабораторных экспериментов «Общественное благо» (PG game) и интерпретация результатов с точки зрения поведенческих гипотез реципрокности и фри-райдерства. Исследование основано на методах экспериментальной экономики и кластеризации с помощью карт Кохонена. Информационной базой моделирования являются данные, полученные в результате экспериментов PG game в Украине. В статье рассмотрены основные допущения модели поведения человека в экономической теории и их экспериментальная проверка; базовая постановка эксперимента «Общественное благо» и обзор его результатов; кластеризация стратегий и выделение типов поведения на основе данных экспериментов PG, проведенных в Украине, и интерпретация результатов. Кластеризация исходов позволила выделить типы стратегий, которые отличаются вкладами и штрафами участников: стратегии сотрудничества, наказания и уклонения. Было показано, что стратегия сотрудничества является, во-первых, наиболее распространенной, во-вторых, наиболее устойчивой. Выделены типы поведения, которые характеризуются изменением стратегии участников. Тип поведения, основанный на сочетании стратегий сотрудничества и наказания, характеризует реакцию ориентированных на сотрудничество агентов, разочарованных фри-райдерским поведением партнеров. Тип поведения, сочетающий стратегии сотрудничества и уклонения, демонстрирует влияние наказания на поведение участников, склонных к уклонению от сотрудничества.

ва (фри-райдерству). Сравнительный анализ результатов кластеризации исходов и агентов позволил провести более тонкую структуризацию участников по поведенческим свойствам. Результаты анализа подтверждают гипотезы реципрокности и позитивного влияния наказания на сотрудничество, что согласуется с выводами зарубежных исследований.

**Ключевые слова.** *Стратегия поведения, реципрокность, фри-райдерство, эксперимент «Общественное благо», кластеризация, сеть Кохонена.*

## НЕЙРОМЕРЕЖЕВИЙ ПІДХІД ДО МОДЕЛЮВАННЯ ПОВЕДІНКИ: АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ ЕКСПЕРИМЕНТУ «СУСПІЛЬНЕ БЛАГО»

Т. В. Меркулова

Д-р екон. наук, професор,  
завідувача кафедрою економічної кібернетики та прикладної економіки  
Харківський національний університет ім. В.Н. Каразіна  
площа Свободи, 4, м. Харків, 61022, Україна  
[tammerkulova@gmail.com](mailto:tammerkulova@gmail.com)

К. Ю. Кононова

Канд. екон. наук, доцент,  
доцент кафедри економічної кібернетики та прикладної економіки  
Харківський національний університет ім. В.Н. Каразіна  
площа Свободи, 4, м. Харків, 61022, Україна  
[kateryna.kononova@gmail.com](mailto:kateryna.kononova@gmail.com)

---

Метою дослідження є нейромережеве моделювання типів поведінки людей на основі даних лабораторних експериментів «Суспільне благо» (PG game) та інтерпретація результатів з точки зору поведінкових гіпотез реципрокності та фрі-райдерства. Дослідження засноване на методах експериментальної економіки та кластеризації за допомогою карт Кохонена. Інформаційною базою моделювання є дані, отримані в результаті експериментів PG game в Україні. У статті розглянуто основні припущення моделі поведінки людини в економічній теорії та їх експериментальна перевірка; базова постановка експерименту «Суспільне благо» та огляд його результатів; кластеризація стратегій і виділення типів поведінки на основі даних експериментів PG, проведених в Україні, та інтерпретація результатів. Кластеризація дозволила виділити типи стратегій, які відрізняються вкладами та штрафами учасників: стратегії співробітництва, покарання та ухилення. Було показано, що стратегія співробітництва є, по-перше, найбільш поширеною, по-друге, найбільш стійкою. Виділено ти-

пи поведінки, які характеризуються зміною стратегії учасників. Тип поведінки, заснований на сполученні стратегій співробітництва та покарання, характеризує реакцію орієнтованих на співпрацю агентів, розчарованих фрі-райдерською поведінкою партнерів. Тип поведінки, що поєднує стратегії співробітництва та ухилення, демонструє вплив покарання на поведінку учасників, схильних до ухилення від співробітництва (фрі-райдерства). Порівняльний аналіз результатів кластеризації стратегій та агентів дозволив провести більш тонку структурування учасників за поведінковими властивостями. Результати аналізу підтверджують гіпотези реципрокності та позитивного впливу покарання на співпрацю, що узгоджується з висновками зарубіжних досліджень.

**Ключові слова.** *Стратегія поведінки, реципрокність, фрі-райдерство, експеримент «Суспільне благо», кластеризація, мережа Кохонена.*

## NEURAL NETWORK APPROACH TO MODELING BEHAVIOR: THE ANALYSIS OF PG GAME OUTCOMES

Tamara Merkulova

DSc (Economic Sciences), Professor,  
Head of the Department of Economic Cybernetics and Applied Economics

V.N. Karazin Kharkiv National University  
4 Svobody Sq., Kharkiv, 61022, Ukraine  
*tammerkulova@gmail.com*

Kateryna Kononova

PhD (Economic Sciences), Docent,  
Associate Professor of Department of Economic Cybernetics and Applied  
Economics

V.N. Karazin Kharkiv National University  
4 Svobody Sq., Kharkiv, 61022, Ukraine  
*kateryna.kononova@gmail.com*

---

The aim of the research is neural network modeling of human behavior types on the basis of laboratory experiments «Public good» (PG game) outcomes, and interpretation of the results in terms of 'reciprocity' and 'free-rider' behavioral hypotheses. The study is based on the experimental economics methods and clustering using Kohonen maps. The information base of the model is the data obtained at PG games in Ukraine. The article contains: 1) the assumptions of the human behavior model in economic theory and their experimental veri-

fication; 2) the design of PG game and the review of its results; 3) clustering of the behavior strategies, modeling of behavior types on the basis of PG game outcomes held in Ukraine, and the interpretation of the results. Clustering of the outcomes has allowed us to identify the types of strategies that were different by participants' contributions and fines: the strategies of cooperation, punishment and avoidance. It has been shown that the cooperation strategy is the most common, and the most stable. Also the behavior types that were characterized by changes in the participants' strategies have been detected. The behavior type, which is based on a combination of cooperation and punishment strategies, characterizes the response of agents focused on the cooperation and disappointed by partners' behavior. The behavior type, that combines cooperation and avoidance strategies, demonstrates the punishment effect on the free-rider behavior.

Comparative analysis of outcomes and agents clustering has allowed conducting more detailed structuring of the participants by the behavioral characteristics. The results of the analysis are the arguments for the hypothesis of reciprocity and the positive impact of punishment on cooperation; they are agreed with the findings of foreign studies.

**Keywords.** *Experiment «Public good», behavior strategy, reciprocity, free-rider behavior, clustering, Kohonen neural network.*

---

**JEL Classification:** C45, H41.

Поведенческие гипотезы, которые лежат в основе экономической модели человека, являются краеугольным камнем экономической теории. Многочисленные исследования конца предыдущего и начала нашего века посвящены проблематике поведения экономических агентов, изучению его свойств, феноменов и закономерностей, мотивации и существенных факторов. Значительная роль в продуктивности исследований по данной проблематике принадлежит экспериментальной экономике — активно развивающемуся направлению экономической науки, в котором базовым инструментом исследования является контролируемый лабораторный эксперимент<sup>1</sup>. Важным преимуществом этого направления является то, что экспериментальные данные представляют собой большие массивы информации, необходимой для математического и компьютерного моделирования, причем во

---

<sup>1</sup> После присуждения Нобелевской премии 2002 года В. Смиту за проведение лабораторных экспериментов, используемых для эмпирического экономического анализа, экспериментальная экономика получила официальный статус и находится в настоящее время на пике популярности [1].

многих случаях информацию подобного качества невозможно получить из реальных наблюдений.

Целью нашего исследования является нейросетевое моделирование типов и стратегий поведения людей на основе данных лабораторных экспериментов «Общественное благо» (PG game), проведенных в Украине, и интерпретация результатов с точки зрения поведенческих гипотез реципрокности и фри-райдерства. В статье рассмотрены основные допущения модели поведения человека в экономическом анализе и их экспериментальная проверка; базовая постановка эксперимента «Общественное благо» и обзор его результатов; кластеризация исходов (стратегий), выделение типов поведения на основе данных экспериментов PG, проведенных в Украине, и интерпретация результатов.

### **Модель поведения человека в экономическом анализе**

Построение модели человека в экономической теории непосредственно связано с принципом рациональности и, более широко, с теорией рационального выбора, которая долгое время активно разрабатывалась в рамках экономических исследований, а впоследствии стала рассматриваться как универсальная теория, которая находит применение в различных общественных науках. Герберт А. Саймон называет концепцию рациональности «главным экспортным товаром экономической теории в ее обмене с другими социальными науками» [2, с. 17].

Представления об основных свойствах экономического поведения человека получили обобщенное системное выражение в модели REMM («resourceful, evaluative, maximizing man») — «изобретательный, оценивающий, максимизирующий человек» [3, с. 55]. Неонинституционалисты внесли свой вклад в развитие этого понятия, ослабив связь рациональности с оптимальностью, которая перестала быть критериальным признаком рационального поведения [4].

Существенным развитием теоретической модели поведения стал отход от эгоистической трактовки мотивации, основанной исключительно на собственных интересах агента. В соответствии с критерием учета интересов выделяют 2 принципиальных типа поведения.

Допущение об эгоистическом поведении (self-regarding behaviour) ограничивает мотивацию экономического агента кругом своих материальных интересов. Известно, что модели, основанные на данной гипотезе, объясняют многие факты экономической жизни, адекватно описывая поведение экономических агентов в определенных ситуациях.

Допущение о том, что экономические агенты при принятии решений не ограничиваются критерием исключительно собственной материальной выгоды, лежит в основе неэгоистической модели поведения (other-regarding behaviour), которая предусматривает возможность включения в систему предпочтений экономических агентов других факторов, среди которых доверие, нормы поведения, альтруизм и другие «неэгоистические» факторы.

Одним из актуальных направлений обширной проблематики поведения людей в сфере экономики является изучение различных форм сотрудничества (co-operative behaviour). Сотрудничество лежит за рамками строго рыночных форм отношений, основанных исключительно на эквивалентном обмене. Оно предполагает взаимодействие людей (приложение совместных усилий, затрат) для достижения общего результата. Классическим примером является взаимодействие людей по поводу общественных благ, в котором проявляется эффект «безбилетника» (фри-райдерское поведение)<sup>1</sup>. Тем не менее, люди без внешнего принуждения достигают сотрудничества, что, очевидно, не может быть объяснено в рамках простой модели максимизации личной выгоды.

Лабораторные эксперименты по выявлению факторов, влияющих на сотрудничество индивидов, имеют уже богатую историю за рубежом, и их активность не ослабевает с конца прошлого века. Экспериментальной проверке подвергаются исходные допущения современных теорий, объясняющих феномены со-

---

<sup>1</sup> Блага совместного пользования, обладающие свойством исключительности доступа, относятся к коллективным благам, для которых существуют эффективные децентрализованные механизмы обеспечения. Для благ совместного пользования, не обладающих этим свойством, т.е. для общественных благ, таких механизмов не существует. Это утверждение традиционной теории общественных благ выводится из допущений относительно поведения экономических агентов (гипотез рационального выбора). Критерий максимальной индивидуальной выгоды порождает у агента сильный стимул к уклонению от участия в затратах, в то время как свойство неисключительности доступа к благу гарантирует ему его получение. Этот эффект, известный как проблема «безбилетника» (free-rider problem), не позволяет обеспечивать общественное благо в оптимальном объеме.

трудничества, в первую очередь, гипотезы доверия и реципрокности<sup>1</sup>. Одним из наиболее известных экспериментов, посвященных изучению кооперативных свойств поведения людей, является PG-game (Public good game) — эксперимент «Общественное благо».

### **Эксперимент «Общественное благо»: содержание и результаты**

Этот эксперимент воспроизводит конфликт между индивидуальной выгодой и общим эффектом. Мотивационная структура поведения индивидов основана на двух главных посылах: 1) наличие индивидуальной заинтересованности в своих результатах; 2) на поведение индивида оказывает влияние поведение других членов общества (гипотеза реципрокности). Различают позитивную реципрокность (склонность к взаимности в сотрудничестве) и негативную реципрокность (взаимность в наказании)<sup>2</sup>.

Суть эксперимента заключается в следующем. Участники эксперимента имеют равный доход  $d > 0$ , из которого каждый самостоятельно выделяет вклад  $x_i$ ,  $0 \leq x_i \leq d$ , в общий фонд. Совокупный вклад всех участников мультиплицируется с заданным коэффициентом  $k > 1$ , т.е. моделируется синергетический эффект сотрудничества (в данном случае — общественное благо). Полученный результат равномерно распределяется между участниками, т.е. участники получают одинаковый доход  $y_i$  из общего фон-

да, независимо от вклада  $x_i$ :  $y_i = \frac{k \sum_j x_j}{n} = k\bar{x}$ ,  $i = \overline{1, n}$ , где  $\bar{x}$  —

<sup>1</sup> Термин «реципрокность» (reciprocity — взаимность) используется в современной социологии для обозначения обмена дарами (подробнее см., например, в [5, 6, 7]). Этот термин употребляется также в исследованиях сотрудничества в более широком толковании, как склонность индивида к взаимодействию при условии аналогичного поведения других членов группы, в том числе, и наказанию нарушителей общественных норм. Если при этом наказание не бесплатно для того, кто наказывает, то говорят о свойстве сильной реципрокности (strong reciprocity), присущей поведению индивида. Сильная реципрокность свидетельствует о наличии у индивида не только индивидуальных, но и социальных ценностей, которые оказывают влияние на его поведение и отношение к сотрудничеству [8].

<sup>2</sup> Описание разных конструкций PG эксперимента и его результатов можно найти во многих источниках, например в [1, 9—12].

средний вклад. Окончательный доход участника в результате сотрудничества составит  $z_i = d - x_i + y_i = d - x_i + k\bar{x}$ .

Если коэффициент мультипликации больше числа участников ( $k > n$ ), участник получает выигрыш от своего ненулевого вклада независимо от действий других участников, что обеспечивает ему сильную мотивацию к участию в фонде. При условии  $k < n$  зависимость дохода участника от поведения других резко усиливается: он может получить как выигрыш, так и проигрыш. Это условие обеспечивает мотивацию участников к фри-райдерскому поведению — получению выигрыша за счет вкладов других агентов.

Эксперименты PG проводятся с целью выявления факторов, которые оказывают влияние на сотрудничество, оценки характера и степени этого влияния. Известны различные модификации базовой конструкции этого эксперимента в зависимости от задач исследования, например, введение наказания (штрафа): участники получают право штрафовать друг друга, при этом наказание может быть платным или бесплатным для штрафующего. Используется однопериодная (без повторов) схема эксперимента и эксперимент с повторами, в частности, с неизвестным для участников окончанием игры. Для выяснения влияния факторов, связанных с репутацией, проводятся игры с постоянным и переменным составом групп и другие модификации эксперимента.

## Результаты предшествующих исследований

Среди экспериментальных результатов, наиболее важных для нашего исследования, отметим следующие (обзор результатов PG экспериментов можно найти, например, в [8, 9, 11, 13]):

1. Наблюдается эффект затухающего сотрудничества в играх с повторами: вначале участники делают высокие взносы, но с увеличением повторов «запас» сотрудничества иссякает — ставки становятся существенно меньше. Затухание сотрудничества объясняется наличием в группе людей с разной мотивацией: поведение «безбилетников» с их сугубо индивидуалистической мотивацией оказывает разочаровывающее влияние на участников, склонных к сотрудничеству.

2. Участники склонны наказывать тех, кто вносит меньший вклад. Данный вывод был существенно дополнен результатами исследований, проведенных в странах бывшего СССР: наблюдается эффект «антиобщественного наказания», когда люди наказы-



вают не только тех, кто вносит вклад меньше, но и тех, кто вносит больше [13].

3. Стратегическая природа взаимодействия (однократная игра или с повторами) не имеет существенного значения для наказания. Люди наказывают «безбилетников» и в повторных отношениях, и в однократных взаимодействиях. Отмечается, что наказание обычно используется при слабо выраженном сотрудничестве, которое типично для начала эксперимента [11].

4. Наказание увеличивает и стабилизирует сотрудничество на более высоком уровне по сравнению с исследованиями без наказания. Это подтверждают многочисленные эксперименты, хотя существуют и исключения: наказание неэффективно, если воспринимается несправедливым. Есть также кросс-культурные различия в степени, до которой наказание улучшает сотрудничество [13]. Эксперименты показывают, что экзогенные (вмененные) нормы наказания менее эффективны [14].

Эксперименты *PG*, проведенные нами в Украине<sup>1</sup>, включали следующие общие условия: постоянный состав групп (3 человека); анонимность агентов при принятии решений; неожиданное окончание игры; платное наказание<sup>2</sup>. Параметры экспериментов также были одинаковыми: экзогенный доход — 20<sup>3</sup>; коэффициент мультипликации дохода — 1,5, штрафа — 3. Эксперименты различались по числу раундов (эксперименты с повторами и без них, т.е. однораундные) и по возможности накопления:

1) Эксперименты с повторами (многораундные) с экзогенным доходом. В этом эксперименте использовалась игра с неожиданным концом: число раундов (повторов игры) было неизвестно игрокам (4 раунда). В начале каждого раунда агент получал для распределения постоянный экзогенный доход, а его выигрыш в предыдущих раундах учитывался только в конце игры при подсчете общей суммы его вознаграждения. В таких экспериментах

---

<sup>1</sup> Все эксперименты были основаны на инструкциях, которые были предоставлены доктором Б. Херманном (B. Herrmann, University of Nottingham).

<sup>2</sup> Участникам анонимно сообщались вклады партнеров по группе и после этого они имели возможность штрафовать друг друга: 1 штрафной балл, выставленный партнеру, во-первых, вычитался из дохода штрафующего агента (платное наказание), во-вторых, мультиплицировался с заданным коэффициентом 3 и вычитался из дохода оштрафованного участника.

<sup>3</sup> Эксперименты проводились в учебном формате с использованием зачетных баллов в качестве вознаграждения.

приняло участие 57 человек: студенты украинских вузов и работники инвестиционных, страховых компаний и банков.

2) Многораундные эксперименты с накоплением дохода: доход участника определялся как сумма экзогенного и накопленного дохода (количество участников — 75 человек, студенты вузов).

3) Однораундный эксперимент. Игра состоит только из одного раунда, и это известно участникам. В эксперименте принимали участие украинские и польские студенты (21 участник).

Результаты экспериментов, представленные в работах [15, 16], в целом соответствуют выводам зарубежных экспериментальных исследований. В данной работе нами были использованы результаты экспериментов с повторами для типологизации поведения с помощью нейросетевого моделирования: кластеризации на основе карт Кохонена [17].

Выборка включает 57 участников (агентов), которые принимали решения относительно своего вклада и наказания (величины штрафа) партнеров в каждом из 4-х раундов игры. Анализ состоит из 2-х этапов: кластеризация исходов и кластеризация агентов.

### Кластеризация исходов

На первом этапе в качестве наблюдения (исхода) был принят результат принятия решений на определенном раунде: вклад, штраф (назначенный партнерам по группе) и наказание агента (штраф, полученный от них). Таким образом, исход — это набор значений 3-х признаков, общее число исходов составило 228. На этом этапе анализа были выделены однородные группы исходов, без учета их принадлежности участникам и последовательности раундов эксперимента.

Была использована однослойная нейронная сеть Кохонена, изображенная на рис. 1.

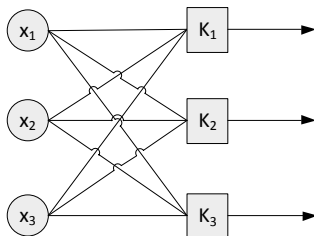


Рис. 1. Сеть Кохонена для первого этапа анализа

В результате было выделено 3 кластера, которые характеризуются показателями, представленными в табл. 1 и на рис. 2.

Таблица 1

## ХАРАКТЕРИСТИКИ КЛАСТЕРОВ ИСХОДОВ (ПЕРВЫЙ ЭТАП АНАЛИЗА)

Кластер	Вклад	Штраф	Наказание
№ 1 (143 исхода, 62,7 %)	14,39	1,2	0,62
№ 2 (20 исходов, 8,8 %)	7,15	6,1	3
№ 3 (65 исходов, 28,5 %)	5,52	0,49	2,72

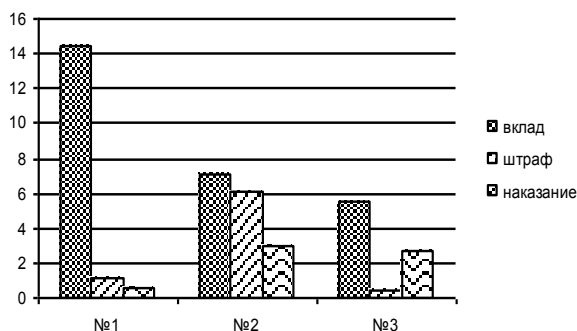


Рис. 2. Средние значения признаков в кластерах исходов

Отметим особенности кластеров. В кластере с наибольшим средним вкладом (№ 1) штраф почти вдвое больше наказания; аналогичная картина и в кластере, занимающем среднюю позицию по вкладу (№ 2); а в кластере с наименьшим вкладом наказание превышает штрафы более чем в 5 раз. Можно также отметить, что убывание среднего вклада сопровождается усилением наказания (кластеры № 1, 2), при этом величина штрафа максимальна в среднем по вкладу кластере № 2. Обратим также внимание на то, что в этом кластере расходы на штрафование максимально приблизились к величине вклада (расхождение между ними около 17 %).

Рассмотрим подробнее интерпретацию полученных кластеров. Кластер № 1 объединяет наблюдения, когда агенты делают высо-

кие вклады (средний вклад 14,39), назначают небольшие штрафы партнерам (средний штраф — 1,2) и получают слабое наказание от других участников (0,49). Логика таких случаев понятна: агенты, которые вносят большие вклады, имеют основания, во-первых, штрафовать тех, кто внес меньше; во-вторых, получить позитивную оценку партнеров и избежать наказания. Этот кластер — самый многочисленный: 62,7 % всех наблюдений.

В кластер № 2 вошли случаи, когда и штрафы со стороны агента, и его наказание были самыми высокими, а вклад в среднем ниже, чем в предыдущем кластере. Таких случаев набралось немного — 8,8 %. Это соответствует ситуации, когда агент в своей тройке занимает среднюю позицию по вкладу и, как следствие, одновременно подвергается наказанию со стороны партнера, у которого вклад больше, штрафую при этом участника с меньшим взносом. Причем штрафы существенно превышают полученное наказание (как отмечено выше, средний штраф вдвое больше). Этот результат, согласующийся с соотношением штрафов и вкладов в кластере № 1, можно рассматривать как аргумент в пользу гипотезы, что с увеличением вклада склонность к наказанию других уменьшается.

Кластер № 3 объединяет случаи, характеризующиеся в среднем низкими вкладами и штрафами и высокими наказаниями, что можно считать следствием маленьких вкладов. Это довольно большая группа (28,5 %), что говорит о распространенности ситуации, когда люди склонны наказывать за слабое сотрудничество даже при условии платного наказания. Данный вывод подтверждается и результатами второго кластера.

Полученные типы исходов будем интерпретировать как стратегии поведения на отдельном этапе игры. Наиболее позитивной с точки зрения сотрудничества является стратегия, представленная в кластере № 1. Назовем ее стратегией сотрудничества. Она отличается высоким средним вкладом, который существенно (в 2 раза) превосходит значение этого показателя в кластере № 2, следующим по мере убывания вклада.

Многочисленность таких случаев (почти 63 % всех наблюдений) дает основание для позитивных ожиданий эффективного сотрудничества. Можно сказать, что мощность этого кластера отражает потенциал сотрудничества в данной выборке: агенты в процессе игры почти в 63 % случаев демонстрируют готовность к сотрудничеству, если о ней судить по величинам вклада и штрафов. Исходы, объединенные в кластере № 2, назовем стратегией

наказания, в кластере № 3 — стратегией уклонения (агенты уклоняются от сотрудничества).

По результатам анализа нельзя судить о том, насколько устойчиво придерживаются агенты той или иной стратегии поведения. Это относится, прежде всего, к кластеру № 1: случаи, которые он объединяет, различны с точки зрения причинно-следственных связей между исходами. Мотивационная структура этого кластера может быть представлена следующим образом. В первую очередь, это действия последовательных сторонников сотрудничества: они склонны систематически вносить высокие вклады. В то же время они обладают свойством реципрокности: зависимость их поведения от поведения окружающих выражается в «воспитательной» функции — они наказывают партнеров за низкий уровень сотрудничества (средняя величина выставляемых штрафов занимает промежуточное положение среди кластеров, но составляет всего 8 % вклада — минимальное значение среди всех кластеров).

Во-вторых, это действия агентов, которые изменили свои вклады под влиянием поведения партнеров. Сюда относятся позитивно настроенные к сотрудничеству агенты, которые вносили большие вклады, но поведение партнеров их разочаровало, поэтому их действия только частично относятся к этому кластеру; а также агенты, потенциально готовые к сотрудничеству, но недоверчиво относящиеся к партнерам, как правило, в начале игры. Высокие вклады других агентов запускают механизм положительной обратной связи, и осторожность уступает место сотрудничеству. Агенты, действия которых составляют эту мотивационную группу, характеризуются сильной реципрокностью (зависимостью от поведения партнеров).

Третий мотив — это наказание: действия «перевоспитанных» наказанием агентов тоже попадают в кластер № 1. Отметим, что такие агенты имеют общий признак с предыдущей группой — они меняют поведение. Отличие в том, что здесь изменение имеет только односторонний порядок: низкие взносы сменяются высокими. Эта эмпирическая особенность может быть объяснена тем, что такие агенты не имеют внутренних стимулов к сотрудничеству и могут быть принуждены к нему только путем наказания за фрирайдерство.

Анализ устойчивости стратегий и попытка выделения поведенческих типов проведены на втором этапе исследования.

## Кластеризация агентов по типу поведения

На втором этапе исследования поведение агента рассматривалось как последовательность исходов на всех раундах эксперимента и решалась задача выделения типов поведения на основании действий агентов в течение игры. Для этого была использована сеть Кохонена с 12 входами (см. рис. 3), на которые подаются данные каждого участника на всех этапах эксперимента. Переменные  $X_1$ — $X_3$  — это, соответственно, вклад агента, штраф, который он выставил партнерам, и штраф, полученный от них в первом раунде. Переменные  $X_4$ — $X_6$  — это аналогичные показатели второго раунда, и т. д. для остальных раундов. Таким образом, каждый участник характеризовался последовательностью своих действий и сигналов, полученных от своих партнеров на протяжении всей игры.

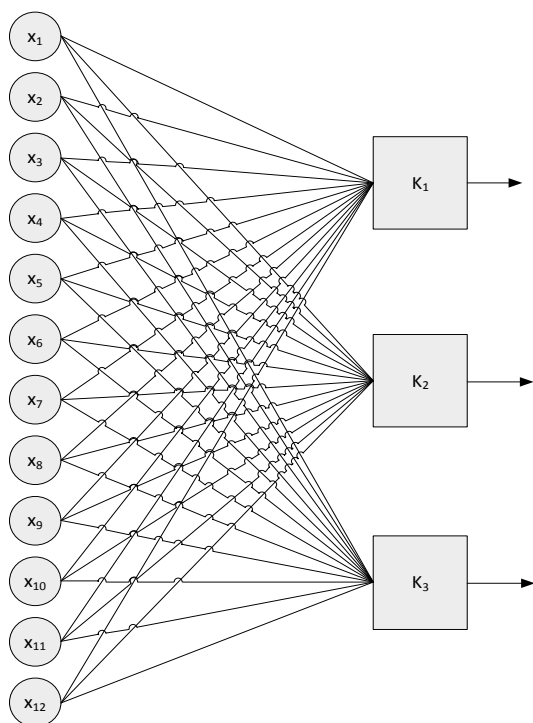


Рис. 3. Нейронная сеть для второго этапа анализа

Было выделено 3 кластера агентов, которые в соответствии с их интерпретацией получили условные названия, приведенные в табл. 2.

Таблица 2

ХАРАКТЕРИСТИКИ КЛАСТЕРОВ АГЕНТОВ (ВТОРОЙ ЭТАП АНАЛИЗА)

Кластер	Этап	Вклад	Штраф	Наказание
№1 — «вкладчики» (28 исходов, 49,1%)	1	11,60	0,86	0,64
	2	14,00	1,07	0,39
	3	15,46	1,36	0,32
	4	13,00	1,18	1,07
№2 — «экзекуторы» (16 исходов, 28,1%)	1	7,50	2,00	2,06
	2	6,50	3,25	3,75
	3	10,75	1,69	0,75
	4	11,50	1,56	1,44
№3 — «наказанные» (13 исходов, 22,8%)	1	9,31	1,08	1,46
	2	9,23	0,85	1,69
	3	5,46	1,00	4,38
	4	11,54	2,00	2,38

Первый кластер («вкладчики») — самый многочисленный: в него попало 49 % участников. Средний вклад в этой группе существенно больше, чем в остальных, он монотонно возрастает на первых трех этапах игры (см. рис. 4).

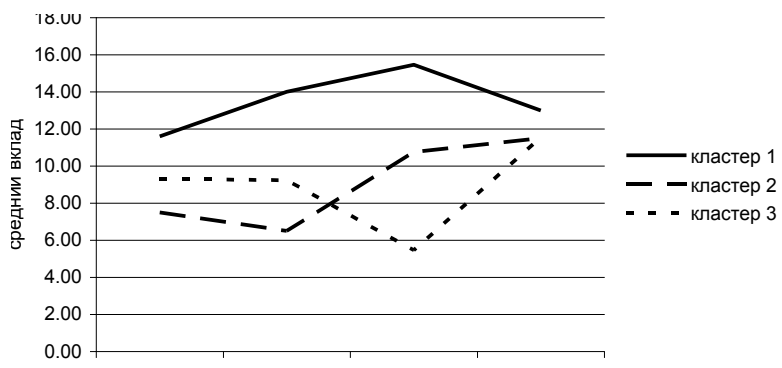


Рис. 4. Динамика среднего вклада участников

Средний штраф в этой группе имеет самое низкое среди всех кластеров значение в начале и в конце игры, монотонный небольшой рост в течение эксперимента с некоторым снижением в последнем раунде (рис. 5).

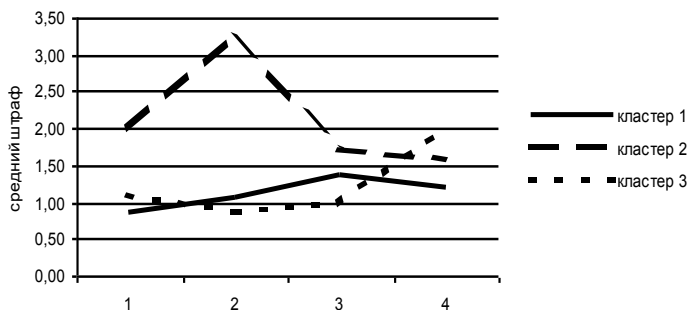


Рис. 5. Динамика среднего штрафа участников

По полученному наказанию кластер № 1 имеет самые низкие значения во всех раундах с последовательным незначительным понижением в течение игры и повышением в конце (рис. 6)

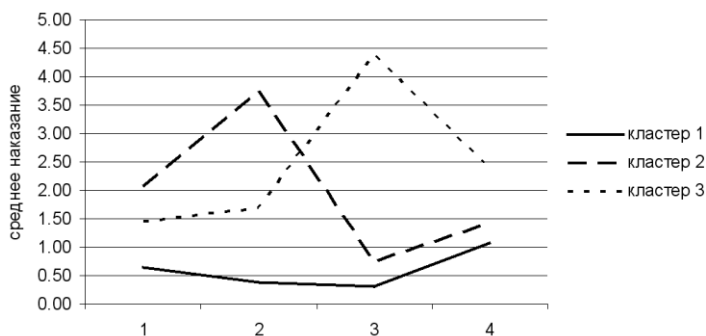


Рис. 6. Динамика полученного штрафа (наказания) участников

Характерной особенностью кластера «вкладчики» является устойчивость поведения в течение всего эксперимента, за исключением последнего раунда: вклад и штраф монотонно росли, а наказание снижалось.

Во второй кластер «экзекуторы» вошло 16 агентов (28 %). В этой группе наблюдаются самые высокие штрафы на всех этапах



игры, кроме последнего (отсюда название кластера). При этом их вклады почти монотонно возрастали (см. рис. 4). Динамика штрафа и наказания имеют похожий характер: тенденция к понижению, выраженный пик на втором этапе, близость средних значений этих показателей в начале и конце эксперимента, что можно наблюдать на рис. 7.

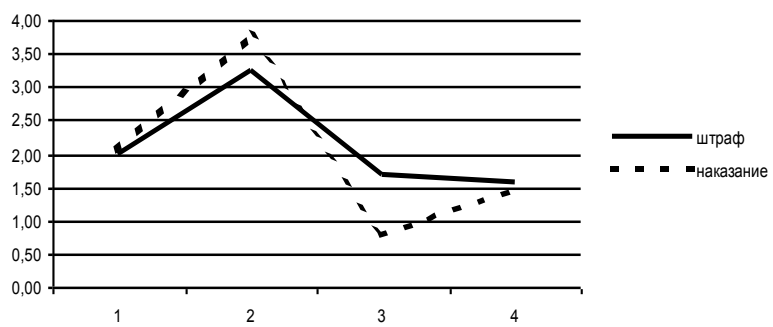


Рис. 7. Динамика штрафа и наказания участников в кластере № 2

В третий кластер вошло 13 агентов (23 %). Агенты этого кластера не отличаются стабильностью вкладов, как видно из рис. 4. Особенностью этой группы является также позитивная динамика среднего штрафа на фоне других групп с тенденцией к понижению (см. рис. 5); выраженный пик наказания в третьем раунде (рис. 6); разнонаправленная динамика штрафа и наказания при существенном превышении последнего на протяжении всей игры (рис. 8). Это кластер наказанных агентов.

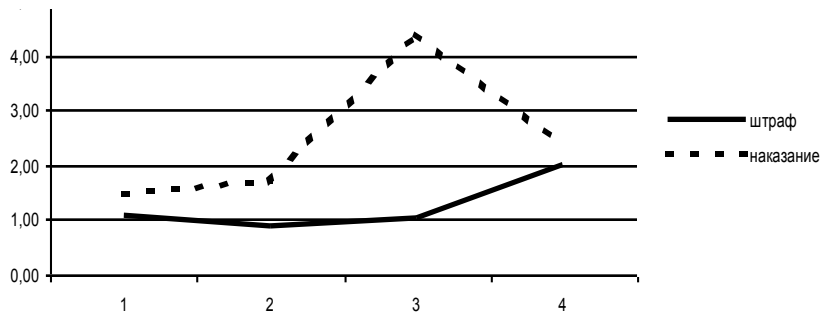


Рис. 8. Динамика штрафа и наказания участников в кластере № 3

Сопоставление кластеров исходов и агентов дало результаты, сведенные в табл. 3. Наиболее значительное пересечение имеет место у первых кластеров: кластер № 1 агентов состоит из тех участников, чьи действия как минимум на двух этапах эксперимента попали в первый кластер исходов, и при этом 69 % исходов, попавших в кластер сотрудничества, составляют действия именно агентов кластера «вкладчики». 43 % агентов первого кластера использовали стратегию (исходы) первого типа в продолжении всей игры, 96 % — на трех этапах игры.

Таблица 3

**ПЕРЕСЕЧЕНИЕ КЛАСТЕРОВ ДВУХ ЭТАПОВ АНАЛИЗА, %**

Стратегии	Кластеры агентов			Сумма
	№ 1	№ 2	№ 3	
№ 1	69	18	13	100
№ 2	15	60	25	100
№ 3	20	34	47	100

Участники первого кластера агентов («вкладчики»), таким образом, на протяжении игры последовательно придерживаются стратегии сотрудничества, которая может быть следствием их альтруизма (несмотря на действия партнеров) или положительной реципрокности (попали в «хорошую компанию» настроенных на сотрудничество партнеров). Доля таких агентов в общей численности участников (49 %) говорит о распространенности такой модели поведения.

Поведение участников второго и третьего кластера агентов характеризуется изменением стратегии в течение игры. В группе второго кластера «экзекуторы» подавляющее большинство участников (88 %) использовали хотя бы один раз стратегию сотрудничества — исходы из первого кластера, а 63 % использовали ее более чем на одном этапе. Таким образом, основу этой группы составляют участники, ориентированные на сотрудничество, но им «не повезло» с партнерами, которые не поддерживали стратегию высоких вкладов. Это вызвало ответную реакцию — высокие штрафы со стороны тех, кто вносил больше, т. е. агентов из кластера № 2: 60 % исходов второго типа сосредоточено в этой группе участников.

В отличие от кластера № 1 в этой группе нет агентов, которые руководствуются альтруистической мотивацией. Поведение партнеров ослабляет их стремление к сотрудничеству и инициирует изменение стратегии: вклады уменьшаются, а штрафы возрастают (исходы первого кластера сменяются исходами второго кластера). Свойствами поведения этих участников являются реципрокность и готовность к сотрудничеству при условии симметричного поведения партнеров.

В третьей группе «наказанные» 85 % участников имеют в своей истории два и более исходов, относящихся к третьему кластеру: участники делали маленькие вклады и получали большие штрафы. В этой группе участников сосредоточено 40 % всех исходов третьего кластера, причем они сосредоточены в начале игры: в первом раунде 62 % участников кластера «наказанные» характеризуются исходами третьего кластера. Наказание имело положительный эффект: 85 % агентов этого кластера хотя бы один раз использовали стратегию сотрудничества (кластер исходов № 1). С другой стороны, 15 % участников кластера не использовали ее ни разу, несмотря на наказание. Это может служить оценкой распространенности фри-райдерского поведения.

## Выводы

Кластеризация исходов на основе данных лабораторных экспериментов «Общественное благо» в Украине позволила выделить типы стратегий, которые отличаются вкладами и штрафами участников: стратегии сотрудничества, наказания и уклонения. Было показано по результатам моделирования поведения агентов, что стратегия сотрудничества является, во-первых, наиболее распространенной (она составляет 62 % всех исходов); во-вторых, наиболее устойчивой — 49 % участников использовали ее не менее чем на двух этапах эксперимента. Это может служить позитивной оценкой потенциала сотрудничества.

Результаты анализа также подтверждают гипотезы реципрокности и позитивного влияния наказания на выбор стратегии сотрудничества. Выделены типы поведения, которые характеризуются изменением стратегии участников. Тип поведения, основанный на сочетании стратегий сотрудничества и наказания, характеризует реакцию ориентированных на сотрудничество агентов, разочарованных фри-райдерским поведением партнеров. Тип по-

ведения, сочетающий стратегии сотрудничества и уклонения, демонстрирует влияние наказания на поведение участников, склонных к уклонению от сотрудничества (фри-райдерству).

Таким образом, сравнительный анализ результатов кластеризации исходов и агентов позволил провести более тонкую структуризацию участников эксперимента «Общественное благо» по поведенческим свойствам и ее интерпретацию с точки зрения гипотез реципрокности и фри-райдерства. Экспериментальные данные и выводы, полученные с помощью нейросетевого моделирования, могут быть использованы как в теоретическом анализе (обоснование поведенческих аксиом и гипотез), так и в исследовании прикладных проблем, связанных с поведением экономических агентов и разработкой эффективных механизмов их взаимодействия в разных областях экономической жизни.

### Литература

1. *Смит В.* Экспериментальная экономика / Пер. с англ. под научн. ред. Р. М. Нуреева. — М. : ИРИСЭН, Мысль, 2008. — 808 с.
2. *Саймон Г.* Рациональность как процесс и продукт мышления // THESIS. — 199. — Т. 1. — № 3. — С. 16—38.
3. *Бруннер К.* Представления о человеке и концепция социума: два подхода к пониманию общества // THESIS. — 1993. — Т. 1. — № 3. — С. 51—72.
4. *Уильямсон О.* Поведенческие предпосылки современного экономического анализа // THESIS. — 1993. — Т. 1. — № 3. — С. 39—49.
5. *Барсукова С.* Реципрокные взаимодействия: сущность, функции, специфика // Социологические исследования. — 2004. — № 4. — С. 20—29.
6. *Fehr E., Gächter S.* Fairness and Retaliation: The Economics of Reciprocity // Journal of Economic Perspectives — 2000. — № 14. — P. 159—191.
7. *Cox J., Sadiraj K., Sadiraj V.* Implications of Trust, Fear, and Reciprocity for Modeling Economic Behavior // Experimental Economics. — 2008. — № 11. — P. 1—24.
8. *Fehr E., Gintis H.* Human Motivation and Social Cooperation: Experimental and Analytical Foundations // Annual Review of Sociology. — 2007. — Vol. 33. — P. 43—64.
9. *Ledyard J.* Public goods: a survey of experimental research // The handbook of experimental economics / J. H. Kagel and A. E. Roth (eds.). — Princeton: Princeton University Press, 1995. — P. 111—181.
10. *Belanin A., Novarese M.* Trust, Communication and Equilibrium Behaviour in Public Goods Game: A Cross-country Experimental study.

[Электронный ресурс]. — Режим доступа : [http://www.hse.ru/data/746/187/1226/Marco\\_Alexis\\_v2.pdf](http://www.hse.ru/data/746/187/1226/Marco_Alexis_v2.pdf).

11. *Fehr E., Gächter S.* Cooperation and punishment in public good experiments // *American Economic Review*. — 2000. — № 90. — P. 980—994.

12. *Andreoni J.* Cooperation in public-goods experiments – kindness or confusion? // *American Economic Review*. — 1995. — № 85. — P. 891—904.

13. *Gächter S., Herrmann B.* Reciprocity, Culture and Human Cooperation: Previous Insights and New Cross-Cultural Experiment // *CeDEx Discussion Paper*. — 2008. — №14. — 38 p. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.nottingham.ac.uk/economics/cedex/papers/index.html>.

14. *Mittoni L., Bartolami F.* Free riding and norms of control: self determination and imposition. An experimental comparison // *CEEL Working Paper 4*. — 2007. — № 7. — 28 p. [Электронный ресурс]. — Режим доступа : <http://www-ceel.economia.unitn.it/wp.html>.

15. *Merkulova T., Bitkova T.* Opportunism and reciprocity in economic behavior: «Public Goods» game results — case study of Ukraine // *Tradition and new horizons: towards the virtue of responsibility. Proceedings of the Fifth International Society of Business, Economics, and Ethics (ISBEE) (World Congress 2012, July 11—14) / Editors: Boleslaw Rok, Julita Sokolowska*. — Warsaw: Kozminski University. — 2012. — Vol. II. — P. 261—272.

16. *Меркулова Т.* Общественные блага и сотрудничество: эксперименты и результаты // *Институциональные проблемы эффективного государства: монография / Под ред. В. В. Дементьева, Р. М. Нуреева*. — Донецк: ГБУЗ «ДонНТУ», 2012. — С. 149—160.

17. *Kohonen T.* *Self-Organizing Maps*. — Berlin — New York: Springer—Verlag, 2001. — 501 p.

## References

1. Kahneman, D., & Smith, V. (2002). Foundations of Behavioral and Experimental Economics. NOBELPRIZE.ORG Retrieved from [http://www.nobelprize.org/nobel\\_prizes/economic-sciences/laureates/2002/advanced-economicsciences2002.pdf](http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/economic-sciences/laureates/2002/advanced-economicsciences2002.pdf).

2. Simon, H. A. (1978). Rationality as Process and as Product of Thought. *American Economic Review*, 68(2), 1—16.

3. Brunner, K. (1987). Two Approaches to Understanding Society. *Economic Inquiry*, 25, 367-388.

4. Williamson, O. E. (1985). *Behavioral Assumptions. The Economic Institutions of Capitalism. Firms, Markets, Relational Contracting*. N.Y.: The Free Press.

5. Barsukova, S. (2004). Reciproknie vzaimodeystviia: sushnost, funktsii, specifika. *Sociologicheskie issledovaniya (Social researches)*, 4, 20—29 [in Russian].
6. Fehr, E., & Gächter, S. (2000). Fairness and Retaliation: The Economics of Reciprocity. *Journal of Economic Perspectives*, 14, 159—191.
7. Cox, J., Sadiraj, K., & Sadiraj, V. (2008). Implications of Trust, Fear, and Reciprocity for Modeling Economic Behavior. *Experimental Economics*, 11, 1—24.
8. Fehr, E., & Gintis, H. (2007). Human Motivation and Social Cooperation: Experimental and Analytical Foundations. *Annual Review of Sociology*, 33, 43—64.
9. Ledyard, J. (1995). *Public goods: a survey of experimental research. The handbook of experimental economics*. J.H. Kagel, A.E. Roth (eds.). Princeton: Princeton University Press.
10. Belanin, A., & Novarese, M. (2005). Trust, Communication and Equilibrium Behaviour in Public Goods Game: A Cross-country Experimental study. *HSE.RU*. Retrieved from [http://www.hse.ru/data/746/187/1226/Marco\\_Alexis\\_v2.pdf](http://www.hse.ru/data/746/187/1226/Marco_Alexis_v2.pdf).
11. Fehr, E., & Gächter, S. (2000). Cooperation and punishment in public good experiments. *American Economic Review*, 90, 980—994.
12. Andreoni, J. (1995). Cooperation in public-goods experiments - kindness or confusion? *American Economic Review*, 85, 891—904.
13. Gächter, S., & Herrmann, B. (2009). Reciprocity, Culture and Human Cooperation: Previous Insights and New Cross-Cultural Experiment. *CeDEx Discussion Paper*, 14. Retrieved from <http://www.nottingham.ac.uk/economics/cedex/papers/index.html>.
14. Mittoni, L., & Bortolami, F. (2007). Free riding and norms of control: self determination and imposition. An experimental comparison. *CEEL Working Paper*, 4(7). Retrieved from <http://www-ceel.economia.unitn.it/wp.html>.
15. Merkulova, T., & Bitkova, T. (2012, July 11—14). Opportunism and reciprocity in economic behavior: «Public Goods» game results — case study of Ukraine. *Tradition and new horizons: towards the virtue of responsibility. Proceedings from the Fifth International Society of Business, Economics, and Ethics (ISBEE) (World Congress 2012, Warsaw: Kozminski University)*, 2, 261—272.
16. Merkulova, T. (2012). Obshestvennye blaga i sotrudnichestvo: experimenty i rezultaty. *Institucionalnye problemy effektivnogo gosudarstva (Institutional problems of effective state)*. Demintiev, V., & Nureev, R. (eds.). Donetsk: DonNTU [in Russian].
17. Kohonen, T. (2001). *Self-Organizing Maps*. Berlin — New York: Springer—Verlag.

Стаття надійшла до редакції 13.05.2015